



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ЛУКАСА-КАНАДЕ И ФАРНЕБЕКА

¹Лоу Ц., ²Вэнь С., ³Ли Ц.

Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия (197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49); e-mail: ¹623619178@qq.com, ²Connor_wen@qq.com, ³Magiclij@outlook.com

Отслеживание объектов является горячей точкой исследований в области компьютерного зрения и имеет широкие перспективы применения в гражданской и военной областях, таких как распознавание поведения, интеллектуальный мониторинг и взаимодействие человека с компьютером. В последние годы область визуального отслеживания достигла замечательных результатов. В этой статье в основном анализируются и исследуются алгоритм Лукаса-Канаде и алгоритм Фарнебека, чтобы достичь результатов отслеживания цели.

Ключевые слова: компьютерное зрение; обнаружение; анализ распознавания; слежение за целью.

TRACKING THE TRAJECTORY OF OBJECTS USING LUCAS-CANADE AND FARNEBECK ALGORITHMS

¹Lou Jia, ²Wen Xu., ³Li Jia.

ITMO National Research University, St. Petersburg, Russia (197101, St. Petersburg, Kronverksky pr., 49) e-mail: e-mail: ¹623619178@qq.com, ²Connor_wen@qq.com, ³Magiclij@outlook.com

Object tracking is a hotspot in computer vision research and has wide-ranging applications in civilian and military fields, such as behavior recognition, intelligent monitoring, and human-computer interaction. The field of visual tracking has achieved remarkable results in recent years. This paper mainly analyzes and explores the Lucas-Canade algorithm and the Farnebeck algorithm to achieve target tracking results.

Keywords: computer vision; detection; recognition analysis; target tracking.

Введение

Технология визуального слежения является важной темой в области компьютерного зрения (отрасль искусственного интеллекта), имеет важное исследовательское значение и имеет широкие перспективы применения во многих аспектах, таких как видеонаблюдение, визуальная навигация роботов, взаимодействие человека с компьютером и медицинская диагностика. Благодаря непрерывным глубоким исследованиям исследователей визуальное отслеживание целей за последние десять лет добилось прорывного прогресса, сделав алгоритмы визуального отслеживания не только ограниченными традиционными методами машинного обучения, но и в сочетании с ростом искусственного интеллекта в последние годы.

Методы такие как глубокое обучение (нейронная сеть) и корреляционные фильтры, дали точные и стабильные результаты.

Визуальное отслеживание объекта относится к обнаружению, извлечению, идентификации и отслеживанию движущихся объектов в последовательности изображений, а также к получению движущихся параметров движущегося объекта, таких как положение, скорость, ускорение и траектория и т. д., чтобы выполнить следующий шаг обработки и анализа, а также реализация поведенческого понимания движущихся объектов для задач обнаружения более высокого уровня. [1] По количеству отслеживаемых целей алгоритмы слежения можно разделить на отслеживание одной цели и отслеживание нескольких целей. По сравнению с одноцелевым слежением проблема многоцелевого слежения является более сложной и трудной. Задача отслеживания нескольких целей должна учитывать положение, размер и другие данные нескольких независимых целей в видеопоследовательности, изменения внешнего вида нескольких целей, различные режимы движения, влияние динамического освещения и взаимную окклюзию, слияние. и разделение нескольких целей и т. д. Оба случая сложны в задаче слежения за несколькими объектами.

1. Программная реализация метода Лукаса-Канаде

В компьютерном зрении метод Лукаса-Канаде является широко используемым дифференциальным методом для оценки оптического потока. Чтобы применить этот подход, нам нужно сделать три предположения.[2]

Постоянная яркость: яркость одной и той же точки не меняется со временем.

Небольшое движение: изменение времени не приведет к резкому изменению положения. Только в случае небольшого движения изменение уровня серого, вызванное изменением положения единицы измерения между предыдущим и последующим кадрами, может быть использовано для аппроксимации частной производной уровень серого относительно положения.

Согласованность в пространстве: соседние точки сцены, спроецированные на изображение, также являются соседними точками, и соседние точки имеют одинаковую скорость [3]. Поскольку метод оптического потока имеет только одно ограничение из основного уравнения и требует скорости в направлениях x и y , есть две неизвестные переменные. Следовательно, необходимо последовательно решить n кратных уравнений [4].

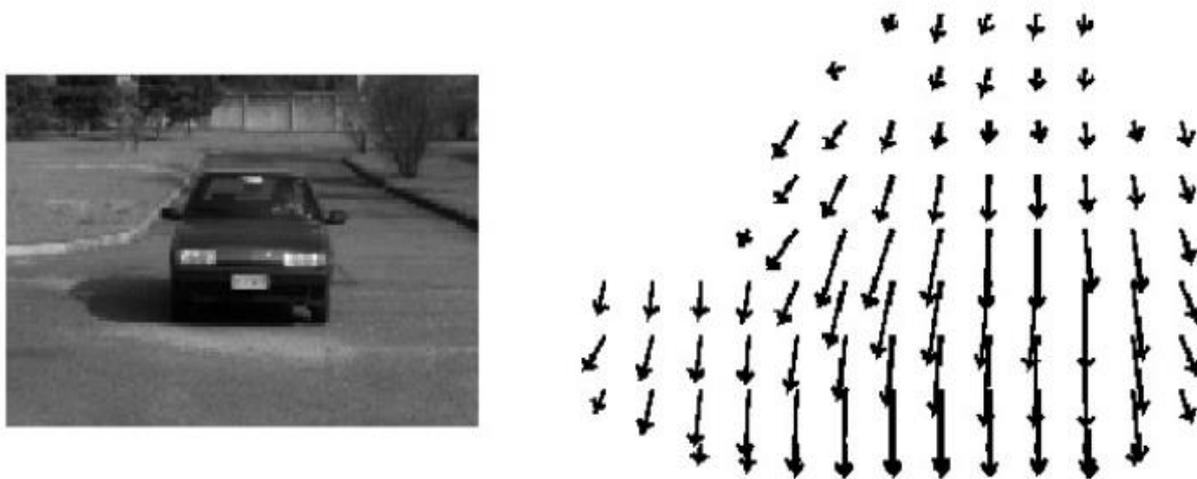


Рисунок 1 – Оценка оптического потока.



Рисунок 2 – Отслеживание целей (метод Лукаса-Канаде).

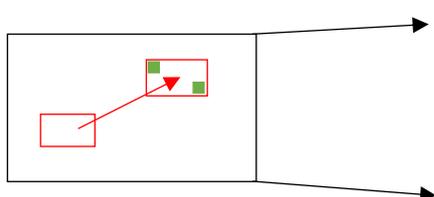
1.1. Принцип алгоритма Лукаса-Канаде

Уравнение ограничений:

$$\begin{aligned}
 I(x, y, t) &= I(x + dx, y + dy, t + dt) \\
 &= I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x} dx + \frac{\partial I}{\partial y} dy + \frac{\partial I}{\partial t} dt \\
 I_x dx + I_y dy + I_t dt &= 0 \\
 I_x u + I_y v &= -I_t \Rightarrow [I_x I_y] \cdot \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -I_t
 \end{aligned} \tag{1}$$

Ограничениями, используемыми в приведенном выше уравнении, являются постоянная яркость и небольшое движение, I — точка пикселя определенного кадра, x — абсцисса, y — ордината, t — текущий номер соответствующего кадра, а вторая строка — ряд Тейлора. расширение, мы, наконец, получили эту последнюю формулу через уравнение ограничений, мы находим u — скорость в направлении x и v — скорость в направлении y .

Решите уравнения, используя несколько пикселей:



$$\begin{bmatrix} I_{x1} & I_{y1} \\ I_{x2} & I_{y2} \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} I_{t1} \\ I_{t2} \\ \vdots \end{bmatrix} \tag{2}$$

Метод наименьших квадратов:

$$A\vec{u} = b \tag{3}$$

$$\underbrace{A^T A}_{2 \times 2} \underbrace{\vec{u}}_{2 \times 1} = \underbrace{A^T b}_{2 \times 1} \tag{4}$$

$$\vec{u} = (A^T A)^{-1} A^T b \tag{5}$$

$$A^T A = \begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix} \tag{6}$$

В настоящее время знаем I_x , I_y , I_t , и есть 2 неизвестных, поэтому в соответствии с третьим принципом создайте несколько наборов уравнений для решения.

Линейная регрессия проведена на нескольких наборах растворов с использованием метода наименьших квадратов [5].

Уравнение можно решить, только если матрица A обратима. Как правило, он реверсивный только в угловом положении. Следовательно, нам необходимо выполнять обнаружение углов перед каждой оценкой оптического потока.

2. Программная реализация метода Фарнебака

Метода Фарнебака, это основанный на градиенте, который предполагает постоянный градиент изображения и постоянный локальный оптический поток. Это алгоритм глобального плотного оптического потока, то есть расчет оптического потока выполняется для каждой точки, а функция — `calcOpticalFlowFarneback` [6].



Рисунок 3 – Целевое отслеживание людей (Метод Франебака).

2.1. Принцип алгоритма Франебака

Полиномиальное расширение:

Изображение, как правило, двумерное (изображение в градациях серого), тогда значение пикселя в градациях серого можно рассматривать как функцию $f(x, y)$ двумерной переменной. Предположим, что локальная система координат построена с центром в интересующем пикселе. Биномиальное разложение функции можно аппроксимировать следующим образом [7]:

$$\begin{aligned}
 f(x,y) &\approx r_1 + r_2x + r_3y + r_4x^2 + r_5y^2 + r_6xy \\
 &= (x \ y)^T \begin{pmatrix} r_4 & \frac{r_6}{2} \\ \frac{r_6}{2} & r_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_2 \\ r_3 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + r_1 \\
 &= x^T + Ax + b^T x + c
 \end{aligned} \tag{7}$$

Распределение веса:

Алгоритм Фарнебака устанавливает окрестность $(2n+1) \times (2n+1)$ вокруг каждого пикселя в каждом кадре изображения, использует общее количество $(2n+1)^2$ пикселей в окрестности в качестве выборочных точек метода наименьших квадратов и подгоняет шестимерную центральную точку пикселя. Следовательно, для каждого пикселя изображения можно получить шестимерный вектор [8]. При использовании метода наименьших квадратов для решения проблема заключается не в том, что ошибка выборки каждого пикселя в окрестности оказывает одинаковое влияние на центральную точку. Функция использует двумерное распределение Гаусса, чтобы придать веса влиянию.

Оценка водоизмещения:

Учитывая, что полиномиальное расширение находится в окрестности пикселя, если пиксель сместить на d , весь полином должен измениться. Исходное местоположение [9]:

$$f_1(x) = x^T A_1 x + b_1^T x + c_1 \quad (8)$$

После смещения пикселей:

$$\begin{aligned} f_2(x) &= f_1(x - d) \\ &= (x - d)^T A_1 (x - d) + b_1^T (x - d) + c_1 \\ &= x^T A_1 x + (b_1 - 2A_1 d)^T + d^T A_1 d - b_1^T d + c_1 \\ &= x^T A_2 x + b_2^T x + c_2 \end{aligned} \quad (9)$$

$$A_2 = A_1 \quad (10)$$

$$b_2 = b_1 - 2A_1 d \quad (11)$$

$$c_2 = x d^T A_1 d - b_1^T d + c_1 \quad (12)$$

Из второй формулы выше мы можем получить:

$$d = -\frac{1}{2} A_1^{-1} (b_2 - b_1) \quad (13)$$

Согласно теоретическому выводу, должно быть $A_1 = A_2$, но это требование может не выполняться в реальной ситуации, поэтому реальное значение можно аппроксимировать усреднением. Если заказать:

$$A(x) = \frac{A_1(x) + A_2(x)}{2} \quad (14)$$

$$\Delta b(x) = -\frac{1}{2} (b_2 - b_1) \quad (15)$$

Так:

$$A(x) d(x) = \Delta b(x) \quad (16)$$

$$d = (A^T A)^{-1} (A^T \Delta b) \quad (17)$$

Целевая функция может быть построена для оптимизации перемещения:

$$e(x) = \|A d - \Delta b\|^2 \quad (18)$$

3. Сравнение методов Лукаса-Канаде и метода Франебака

Лукас-Канаде — это оценка разреженного оптического потока, а Фарнебек — оценка плотного оптического потока. Разреженный оптический поток вычисляет движение только некоторых пикселей с очевидными особенностями, в то время как плотный оптический поток вычисляет движение всех пикселей на изображении [10]. Недостатком Лукаса-Канаде является то, что он не может генерировать очень плотный вектор потока, например, информация о потоке будет быстро исчезать при небольшом движении края движения. Его преимущество в том, что устойчивость к шуму все еще возможна. Основная идея плотного оптического потока Фарнебака состоит в том, чтобы использовать полиномы для аппроксимации информации о соседстве каждого пикселя и добиться отслеживания оптического потока через векторы смещения всех пикселей в двух кадрах изображений до и после, что лучше, чем алгоритм разреженного оптического потока, но относительно медленный.

Заключение

В данной статье исследуются принципы и программная реализация алгоритма Лукаса-Канаде и алгоритма Фарнебека для достижения эффекта слежения за целью в компьютерном зрении.

Недостаток алгоритма Лукаса-Канадеса в том, что он не может генерировать очень плотные векторы потоков; его преимущество в том, что устойчивость к шуму все же возможна. Основная идея плотного оптического потока Фарнбарка заключается в использовании полиномов для аппроксимации информации о соседстве каждого пикселя и достижении отслеживания оптического потока через векторы смещения всех пикселей на переднем и заднем изображениях; этот алгоритм лучше, чем алгоритм разреженного оптического потока, но относительно медленный.

Список литературы

1. Yilmaz A, Javed O, Shah M. Object tracking: A survey[J]. *Acm Computing Surveys*, 2006, 38(4):p.13.
2. Xu Ruyi, Chen Jingying. Lucas-Kanade tracking based on sparse representation [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2013, 18(03):pp.283-289.
3. LIU Song-lin, NIU Zhao-dong, CHEN Zeng-ping, ZENG Rong-sheng. Object Tracking Based on the Weighted Lucas-Kanade Algorithm [J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2011, 38(08):pp.67-72.
4. Baker S, Matthews I. Lucas-Kanade 20 years on: a unifying framework [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2004, 56(3): pp.221-255.
5. Хуршудов Артем Александрович Построение трехмерных карт признаков на основе видеофрагментов методом оптического потока // Информатика, телекоммуникации и управление. 2015. №2-3 (pp.217-222).
6. OUYANG Yume. DOF algorithm based moving object detection programmed by Python [J]. *Modern Electronics Technique*, 2021, 44(01): 78-82. DOI: 10.16652/j.issn.1004-373x.2021.01.017.
7. Farnebeck G. Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion[C]// 13th Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA 2003). Springer-Verlag, 2003.
8. Lyasheva S , Rakhmankulov R , Shlyemovich M . Frame interpolation in video stream using optical flow methods[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, 1488(1):012024 (6pp)
9. KUANG Luting, SONG Bo, MAO Jie, LIAN Guoxuan. Measurement of acoustic propagation direction in solids based on optical flow method [J]. *Technical Acoustics*, 2020, 39(04): 395-399. DOI: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2020.04.002.
10. AN Jing-jing, LIU Gao-ping, ZHU Jia-ning. Application of Farneback Optical Flow Method in Nowcasting [J]. *COMPUTER ENGINEERING & SOFTWARE*, 2018, 39(10):pp.18-25.

References

1. Yilmaz A, Javed O, Shah M. Object tracking: A survey[J]. *Acm Computing Surveys*, 2006, 38(4):p.13.

2. Xu Ruyi, Chen Jingying. Lucas-Kanade tracking based on sparse representation [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(03): pp. 283-289.
 3. LIU Song-lin, NIU Zhao-dong, CHEN Zeng-ping, ZENG Rong-sheng. Object Tracking Based on the Weighted Lucas-Kanade Algorithm [J]. Opto-Electronic Engineering, 2011, 38(08): pp. 67-72.
 4. Baker S, Matthews I. Lucas-Kanade 20 years on: a unifying framework [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 56(3): pp. 221-255.
 5. Хуршудов Артем Александрович Построение трехмерных карт признаков на основе видеофрагментов методом оптического потока // Информатика, телекоммуникации и управление. 2015. №2-3 (pp. 217-222).
 6. OUYANG Yume. DOF algorithm based moving object detection programmed by Python [J]. Modern Electronics Technique, 2021, 44(01): 78-82. DOI: 10.16652/j.issn.1004-373x.2021.01.017.
 7. Farnebeck G. Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion [C] // 13th Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA 2003). Springer-Verlag, 2003.
 8. Lyasheva S, Rakhmankulov R, Shleymovich M. Frame interpolation in video stream using optical flow methods [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1488(1): 012024 (6pp)
 9. KUANG Luting, SONG Bo, MAO Jie, LIAN Guoxuan. Measurement of acoustic propagation direction in solids based on optical flow method [J]. Technical Acoustics, 2020, 39(04): 395-399. DOI: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2020.04.002.
 10. AN Jing-jing, LIU Gao-ping, ZHU Jia-ning. Application of Farneback Optical Flow Method in Nowcasting [J]. COMPUTER ENGINEERING & SOFTWARE, 2018, 39(10): pp. 18-25.
-